

# 2015 中華民國營建工程學會第十三屆營建產業 永續發展研討會

## 營建專案永續性評估指標之建立

余文德 (Wen-der Yu)

中華大學營建管理研究所

莊 憶(Yi Chuang)

中華大學營建管理研究所

鄭紹材(Shao-tsai Cheng)

中華大學營建管理研究所

張育皓(Yu-hao Chang)

中華大學營建管理研究所

國科會計畫編號：MOST 103-2621-M-216-004

### 摘要

目前國內尚無一套針對專案層級之管理需求所研訂的永續評估指標系統，因此難以有效管理營建計畫目標之研擬、執行方案之選擇或設施之永續經營等工作，以達到永續發展之目標。有鑑於此，本文參考國內外成功的永續營建工程專案案例經驗，並從文獻中歸納出適用於永續型營建專案管理之重要評估指標系統。該評估指標系統共分為四個階層：三大構面、8個主要分類、20個次要分類及31個指標項目。此外，本文亦提出營建專案之永續性之量化分析公式，並分別各以一個建築及土木工程專案進行實證，以驗證該指標評估系統之可行性。

**關鍵詞：**永續發展、專案管理、成效指標

## The Establishment of the Management Indicators for Sustainable Construction Projects

### Abstract

Although some researchers have proposed sustainability evaluation indicator systems in the past decade, there has been not yet a project-level sustainability evaluation system for sustainable construction projects. Without such an evaluation system, it will be difficult for the planners to plan the sustainable project objectives, for the contractors to select the sustainable execution alternatives, and for the facility managers to operate sustainable constructed facilities. To meet the abovementioned requirement, the present research proposes a Construction Project Sustainability Evaluation System (CPSES) from the three aspects of sustainability—environmental, social, and economical—based on the theoretical backgrounds from the literature and former successful sustainable projects. The proposed CPSES comprises of four levels: Level 1—three main aspects; Level 2—18 categories; Level 3—20 sub categories; and Level 4—31 indicators. Finally, a building and a civil construction project, respectively, are selected for testing the feasibility of the proposed CPSES.

## 一、前言

台灣因特殊地理位置，加上全球暖化造成的極端氣候及環境變遷之衝擊影響，導致遭受到水患和地震等重大天災威脅。依據世界銀行於 2005 年出版的“Natural Disaster Hotspots-A Global Risk Analysis” [1]，以地震、洪水、乾旱等各種天然災害對全球各國的威脅進行分析，其中台灣地區有高達 73.1% 以上的地區及人口暴露在上述三種天然災害的威脅下，屬於第一級之國際氣候難民。目前國際學術界普遍認為導致極端氣候的主因，是溫室氣體排放；然而極為諷刺的是，(以 2006 年為例)台灣地區人均二氧化碳排放量高達 13.19 公噸，將近為世界人均排放量(4.48 公噸)的 3 倍，除石油輸出國外，高居全世界第七位[2]。而其中營建產業每年所排放之二氧化碳排放量，約占全台灣年度總排放量的 28.8% [3,4]；可見如何改善營建產業之永續性，已經成為當前台灣追求永續發展最重要的課題。

政府為了國家社會之永續發展，每年持續推動工程建設、經濟發展及社會公平永續發展專案。然而過去政府推行前述專案之方式，大多遵循傳統專案管理方法與流程；然而傳統專案管理方法主要是最低成本、最短工期及符合功能規範之品質為專案目標，並非以環境、經濟及社會永續性為管理之目的。因此，導致過去所投入之資源及工程建設常面臨環境、經濟及社會不永續之問題。以山區原住民部落生存環境為例，政府於過去十餘年間投入大量之人力與物力進行山區防洪治災工程，並積極經營原住民部落和培植部落產業經濟。然而所投入之資源及工程建設總是在地震、颱風等天災肆虐之後多數遭到損壞，不但搶修和復建經費付之東流，致使累積編列和執行的工程經費越來越龐大，也造成原住民同胞財產的損失和生命之威脅[5,錯誤! 找不到參照來源。]。因未善盡對原住民族習性和生活形態的溝通瞭解而致使投入的新建工程形同虛設[7]，反映出傳統專案管理方法與流程應用於永續型專案成效不彰之問題。

有鑒於此，本文將從營建專案之環境、社會、經濟等永續特性面向出發；參考國內外成功的永續營建專案案例經驗，並從文獻中歸納出永續型營建專案管理之理論基礎，以建立永續型營建專案之關鍵成效評估指標系統。透過所建構之永續性關鍵成效評估指標，評估目標個案之專案永續性執行成效，並建立檢討修正機制，以持續檢核回饋修正營建專案之整體永續性目標，如此將可提供政府推動各類永續型專案管理相關政策及法規之建立與修正參考。此外，本文並將針對永續型營建專案生命週期不同階段，提出適用之評估指標組合，最後分別各以一個建築及土木工程專案進行實證，以驗證該指標評估系統之可行性。此一指標系統之建立，對於我國政府及民間單位執行永續型營建工程專案以達成永續發展之目標具有參考價值。

## 二、重要文獻回顧

### 2.1 永續發展之歷史回顧與基本構面定義

永續發展係指促進發展並保證其成為永續性之意義[9]，其中包涵了兩個概念即「永續性」(Sustainability)和「發展」(Development)。Barbier [10]從資源使用與污染觀點出發，認為永續性在於可再生資源之使用率不能大於其再生率，不

可再生資源之使用率不能大於其可再生替代物質之產生率，且污染排放不能大於環境所能涵容的環境容量，若超過該容量則將失去永續性。此外，也有學者從經濟、生態與社會文化等三種不同角度之詮釋[7,11]，例如從「經濟角度」而言，乃追求以最小量的資本投入獲致最大量的效益；從「生態角度」而言，乃集中於生態系統的穩定性，即限制對生態系統的壓力，以保持全球生態系統的穩定與生物多樣性；從「社會文化角度」而言，乃試圖保持社會與文化體系的穩定，包括減少它們之間的互相衝突，以保持全球文化多樣性促進跨世代公平。由上述的永續發展之概念回顧可知，永續發展是一種特別從環境和自然資源角度提出關於人類長期發展的策略模式。

Munasinghe [12]認為永續發展的完整概念應包括經濟、社會及環境等三個構面，。Munasinghe 清楚指出經濟、社會及環境三個永續構面之競合與協調關係：

- 當環境與社會構面發生衝突時，則公平的社會對待是環境永續的基本要求；
- 又如當環境與經濟構面目標發生對立時，至少應要求住民能夠存活(包括環境與經濟面之生存條件)的基本條件；
- 而當社會與經濟發生競合時，應求彼此能夠承受之基本要求。

此一觀念對於定義永續型營建專案管理目標，極具有參考價值。

## 2.2 生態工程永續性指標之發展

南非學者 Labuschagne and Brent [20]是目前世界上少數以永續發展為主要領域之專案管理學者，他們以產品研發專案管理為對象，分析專案生命週期過程中之重要階段關卡(Stage gate)，並透過這些階段關卡審查之手段，來確保專案在經濟、社會及環境之永續性。為此，Labuschagne and Brent 分別針對專案之環境永續性、經濟永續性及社會永續性擬定了評估指標及關卡，並以一個產品研發專案展示該系統之可行性。此一階段關卡程序之審查方法，可做為發展永續型營建專案管理控管方法之參考。

美國賓州州立大學學者 Lapinski et al.[錯誤! 找不到參照來源。]從精實營建(Lean construction)觀點著手，應用精實原理減少專案執行過程之浪費，並達到永續專案之目標。Lapinski et al.將此一方法應用於豐田汽車銷售中心專案之交付過程，並找出五項成功之經驗學習：(1) 專案早期之環境關懷考量；(2) 於專案原由(Business case)中訂定環境考量之要求；(3) 從工地現場條件思考可應用之精實原理；(4) 選擇具有精實營建經驗之營建團隊；(5) 讓所有專案團隊成員了解並共同追求永續專案之目標。

## 三、營建專案永續性評估指標之建立與驗證

### 3.1 永續性評估指標系統建立與驗證流程說明

本 CPSES 指標之建立流程，如圖 2 所示。以下詳細說明永續性評估指標系統之建立與驗證流程：

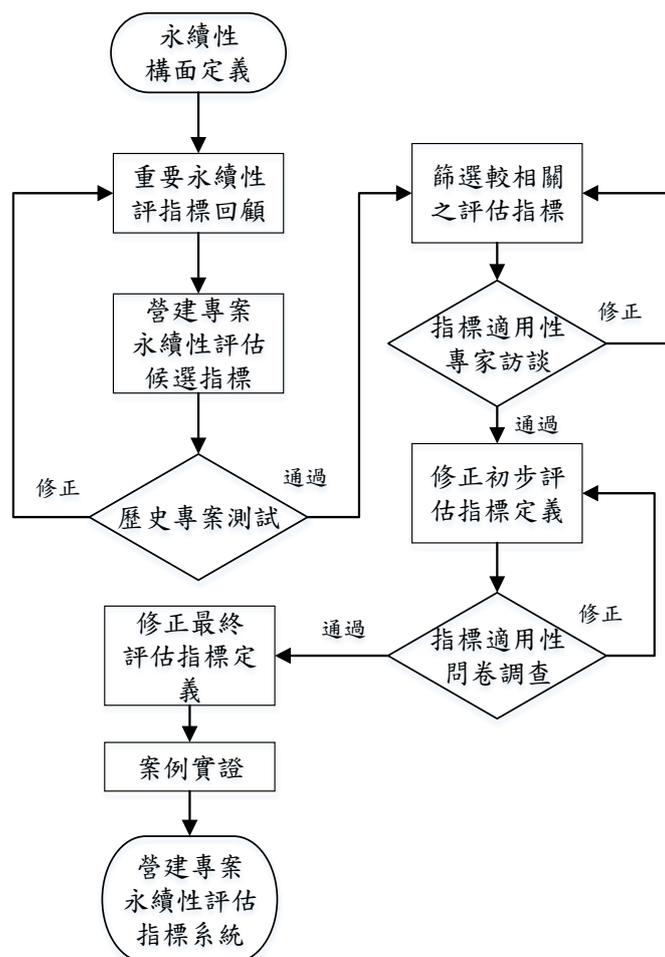


圖 2 永續性評估指標系統建立與驗證流程

- 永續性構面建立—首先，參考聯合國世界高峰會所定義的環境、社會、經濟等三大永續發展基本構面 [8]，做為本研究營建專案永續性評估指標系統(CPSES)之基本構面。
- 營建專案永續性評估候選指標彙整—確立永續性評估構面後，參酌第二節所回顧之重要永續性指標研究文獻[9,13,14,19]，彙整出永續型專案管理營建專案永續性評估候選指標。
- 歷史專案永續性指標測試—完成永續性評估候選指標後，再以十二個具永續內涵之營建歷史專案，進行初步評估指標適用性測試，以篩選出相關較高之指標；若發現所彙整之指標不適用於永續型營建歷史專案案例，則再加強文獻回顧，以確保所建立之指標架構能涵蓋永續型營建歷史專案之永續內涵。
- 指標適用性專家訪談—完成評估指標適用性測試後，再透過曾參與永續型營建歷史專案之專家進行指標適用性之專家訪談，以修正初步評估指標之定義；若發現所定義之永續性指標與實務之操作或定義不符，則修正指標定義。
- 指標適用性問卷調查—最後，針對過去曾參與過永續型營建專案之專案人員廣泛性之問卷調查進行指標適用性之確認，以修正最終指標系統。

### 3.2 指標適用性問卷調查

經過專家訪談及問卷修正後，本研究透過廣泛性問卷調查來驗證所提出之營建專案永續性評估指標系統(CPSES)的適用性。為確保受訪人員皆熟悉永續型營建工程專案之特性，本研究設定之抽樣母體係以曾參與或正在執行行政院工程會所公告之永續工程專案[23]為範圍，對象則包括工程生命週期中之業主、設計單位及施工單位等三類人員。此一取樣方式雖然會限縮樣本之數量，然而應可提升問卷之品質。另外，為確保問卷答覆之品質，本次專家問卷之評估採取由研究人員與專家當面詢問勾選之方式。受訪人員依其所參與個案之經驗，判斷本研究所提出之「營建專案永續性評估指標系統(CPSES)候選指標清單」在營建專案各階段須作管控之項目。例如，在環境構面之「資源使用」主要分類項下，其中「土地」次要分類之「專案開發面積比率」指標；若專家依其經驗認為該指標適用於「發起」及「規劃」階段作為管控指標，則在評估表中的「發起」及「規劃」欄位打「V」，其餘階段因不適用，故不打「V」；倘若專家判斷該指標在任何專案階段皆不適用，則於欄位留白。

依據上述取樣方式進行專家問卷調查，分別針對業主、設計單位及施工單位等三類對象各發放 15 份問卷，共計發放 45 份；最後回收 38 份有效問卷，回收率 84%，分別為業主 9 份問卷回收；建築師 15 份問卷回收；營造公司 14 份問卷回收，問卷回收統計，如表 4 所示。問卷調查之統計結果，如表 5 所示。在表 5 中，左邊四個欄位分別是「營建專案永續性評估指標系統(CPSES)」之「構面」、「主要分類」、「次要分類」及「指標」，第一列右方代表永續型營建專案的八個不同階段：立案、設計、施工、監控、完工(移交)、使用、更新(維護)、拆除。

### 3.3 專案永續性指標(Project Sustainability Index, PSI)

為提供專案管理人員簡明之決策參考，本文依據所提出之「營建專案永續性評估指標系統(CPSES)」，定義專案永續性指標(PSI)之計算量化公式，如下式(1)所示：

$$PSI = \frac{\sum_{i=1}^m PSI_{nq}(i) + \sum_{j=1}^n PSI_q(j)}{m+n} \times 100\% \quad (1)$$

其中， $PSI$  為專案永續性指標(Project Sustainability Index, PSI)，以%為單位；

$m$  為所選用之非量化指標之總數；

$PSI_{nq}(i)$  為第  $i$  項非量化指標之評估結果；

$n$  為所選用之量化指標之總數；

$PSI_q(j)$  為第  $j$  項非量化指標之評估結果。

## 5.1 案例一「板橋區江子翠段三十二層店鋪集合住宅新建工程」專案永續性評估

### 一、專案背景說明

本案以綠色建築的概念設計，地下 8 層，地上 32 層鋼骨鋼筋混凝土構造住宿類建築。希望藉由符合綠化量、日常節能、二氧化碳減量、室內環境、水資源、污水垃圾改善等之相關綠建築標章，達到完善的生活空間，使居民擁有健康乾淨的住宅[22]。

### 二、選擇適用指標

要評估一營建專案專案之永續性，首先應確認專案所處階段，並選擇適用之指標群組。在專寫本文時，案例二已完工且在使用了，因此適用於使用階段。參照表 5「營建專案永續性評估指標系統(CPSES)專家驗證問卷調查統計結果」，以

同意比率超過 28% 為指標之選用標準，則 31 項指標中共排除十五項指標，包括：E1a1 專案開發面積比率 16%、E1b1 使用砂石中借方所佔之比例 0%、E1b2 混凝土費用比 0%、E2a1 空氣污染防治措施 8%、E2a2 防制空污工法使用 0%、E2d1 減少噪音之措施 11%、E2e1 有毒物質替代物之使用 11%、E2f2 低碳排放施工與營運方案(含低碳材)18% E3b1 避免使用生態敏感地 24%、E3b2 避免使用災害敏感地 21%、S3c1 是否設置垂直綠化 8%及 S1b1 對治災是否有作為與成效 24%。

### 三、專案永續性評估結果

各面向之指標評估結果，如表 7 所示。

表 7 板橋區江子翠段三十二層店舖及集合住宅新建工程指標評估結果

構面	主要分類	次要分類	指標問題	指標定義	指標評估值/判定結果
E 環境	E1 資源使用	E1c 水資源	目前專案使用水資源節水措施? 項目數	在此專案使用多少節水措施，例：水龍頭。(項目數越大越好)	3 項(水龍頭,大 6 小 3 馬桶,感應式小便斗)/Y
			目前專案使用水資源回收措施? 項目數	水的再使用措施。(項目數越大越好)	2 項(景觀澆灌系統及景觀水池補水)/Y
		E1d 能源	目前專案利用多少節能措施減少能源浪費?項目數	利用節能措施減少能源浪費。(項目數越大越好)	N
			是否有綠色能源? N/Y	不產生碳的再生能源。(Y 為佳)	N
	E2 污染防制	E2e 有毒物質	綠建材標章產品使用率? %	建材中使用多少綠建材。(比率越高越好，目前規定至少 10%)	75%/Y
	E3 生態保護	E3a 生物多樣性	目前專案植栽被覆率/ %	植栽在此土地是否有覆蓋。(比率越大越好)	40%/Y
			請問目前專案是否有動植物棲息地之考量與設置 Y/N	此專案是否有動植物棲息地之考量與設置。(Y 為佳)	Y
S 社會	S1 改善人類生活	S1a 人類居所品質	請問目前專案是否可改善人平均居住面積? Y/N	此專案是否可改善人平均居住面積。(Y 為佳)	Y
			請問目前專案是否可改善民生相關基礎設施? Y/N	在此專案基本措施是否有，則與原本的比率。(Y 為佳)	Y
			請問目前專案通過綠建築指標項目? 項目數	根據綠建築指標，合乎幾項。(項目數越大越好)	5 項(綠化量、日常節能、二氧化碳減量、室內環境、水資源、污水垃圾改善)/Y

構面	主要分類	次要分類	指標問題	指標定義	指標評估值/判定結果
		S1b 健康、安全與威脅	目前專案是否能避免對利害關係人生命之危害? Y/N	專案施工過程中，對於利害關係能生命危害程度。(Y 為佳)	已做好安全計畫，無危害。/Y
	S2 文化的保存	S2a 文化古蹟的保護	請問目前專案是否有考量文化保存或古蹟維護之措施? Y/N	此專案是否有考量文化保存或古蹟維護之措施。(Y 為佳)	本案非文化古蹟保存專案/N/A
	S3 社會公平	S3a 通用化設計	目前專案無障礙空間設施之設置? 項目數	在專案設置多少無障礙空間設施。(項目數越大越好)	2 項/Y
	S4 營建過程的社會面向	S4a 公眾參與	請問目前專案是否有在地居民參與? Y/N	在此專案是否有在地居民參。(Y 為佳)	無/N

將表 7 之結果帶入公式(1)，可得式(2)之評估結果：

$$PSI = \frac{\sum_{i=1}^{11} PSI_{nq}(i) + \sum_{j=1}^2 PSI_q(j)}{13} \times 100\% (1)$$

$$= \frac{10+1}{13} \times 100\% (2)$$

$$= 80\%$$

經計算可得案例一之 PSI=80%，評定為銀質級永續專案。

## 五、案例驗證

### 5.2 案例二「103年度大漢溪砂崙仔壩上游左側護岸修復工程」專案永續性評估

#### 一、專案背景說明

本護岸工程位置於桃園縣復興鄉及新竹縣泰岡地區，經由政府標案於9月30日正式決標，工程內容為需護岸98公尺、固床工基礎補強15公尺、新設懸臂式護岸60公尺、新設漿砌石護岸55公尺、新設PC鋪面105公尺及既有護岸修復50公尺，藉此達到不破壞生態永續之工程，也將達到水土保持之效益，不因天然災害導致較多損害大自然相關狀況，不引發土石流及山坡崩塌之相關現象。[22]

#### 二、選擇適用指標

在撰寫本文時，工程執行中，故適用執行階段之評估指標。參照表 5「營建專案永續性評估指標系統(CPSES)專家驗證問卷調查統計結果」最後一列「各項指標適用性平均值%」，以同意比率超過 59% (該階段各指標同意比率之平均值) 為指標之選用標準，則 31 項指標中共排除 11 項指標，包括：E3b1 避免使用生

態敏感地 42%、E3b2 避免使用災害敏感地 42%、S3c1 是否設置垂直綠化 50%、S1a1 是否可改善人平均居住面積 21%、S1a2 是否可改善民生相關基礎設施 24%、S1a3 通過綠建築指標項目 55%、S2a1 是否有考量文化保存或古蹟維護之措施 42%、S4a1 是否有在地居民參與 55%、S4a2 是否考量利害關係人權益之公平分配 32%、EC1a1 在地居民雇用率 34%、EC1a2 專案成本中自我支持經費之比率(含企業捐贈)11%，此本工程維護岸工程無需考慮 S3a1 無障礙空間設施之設置 68%。

### 三、專案永續性評估結果

根據指標評估各面向評估結果，將結果帶入公式(1)，可得式(2)之評估結果：

$$PSI = \frac{\sum_{i=1}^{20} PSI_{nq}(i) + \sum_{j=1}^3 PSI_q(j)}{23} \times 100\% (1)$$

$$= \frac{13+1}{23} \times 100\% (2)$$

$$= 60\%$$

經計算可得案例一之PSI=60%，評定為銅質級永續專案。

## 六、結論與建議

### 6.1 結論

- 本文提出「營建專案永續性評估指標系統(CPSES)」，包含三大構面、8個主要分類、20個次要分類及31個指標項目；並將所提出之CPSES指標系統，依據專案生命週期分為立案、設計、施工、監控、完工、使用、更新及拆除等八個過程階段，並透過專家問卷調查與分析，歸納各階段適用之指標項目。
- 為提供營建專案管理人員之參考，本文定義專案永續性量化指標(PSI)之計算方法，結合本文所提出之CPSES指標系統，以評估營建工程專案各階段之永續性；本文分別以一個建築工程專案及一個土木工程專案進行案例實證，驗證所提出之分析方法。透過專案永續性分析，專案管理人員可以持續監控專案之永續性，並可依據所提出之CPSES指標系統追蹤永續性不佳之指標項目，並提出具體改善之策略。

### 6.2 建議

- 經由本研究案例驗證中是否為客觀性永續專案，建議後續需要更大量的數據驗證案例。
- 工程專案類型廣泛，本研究實證案例以營建專案居多，建議未來可仿照本研究方法，進行不同類型專案作管控指標調查分析。

## 七、誌謝

本研究承蒙行政院科技部專題計畫 (計畫編號: MOST 103-2621-M-216-004) 經費補助, 特此申謝。

## 八、參考文獻

1. The World Bank, Natural Disaster Hotspots—A Global Risk Analysis, *Disaster Risk Management Series No. 5*, World Bank Hazard Management Unit, p. 89, 2005.
2. 張森,「台灣二氧化碳排放量危機」,台灣經濟論衡,行政院經濟建設委員會出版,2010年7月,第8卷,第7期,pp. 58-64,2010。
3. 林憲德,綠色建築解說與評估手冊,2007年更新版,台灣台北,內政部建築研究所,pp.4-5,2007。
4. 姚志廷、蕭良豪,「綠建材產業分析及管理機制之研究」,建築學報,第66期增刊(技術專刊),pp. 35~46,建築學會,2008。
5. 鐘丁茂,「駁斥中橫上谷關至德基段必須復建的理由」,台灣生態學會,生態台灣第五期,網路文章:<http://ecology.org.tw/publication/magazine/m-5all/03-3.htm>,2013.11.23查尋。
6. 行政院莫拉克颱風災後重建推動委員會,「莫拉克颱風災後重建工程執行情形」,工程會莫拉克颱風復建專網,網路文章:[http://cmdweb.pcc.gov.tw/pccms/morac/morac\\_showpeople\\_temp.show\\_morac\\_temp](http://cmdweb.pcc.gov.tw/pccms/morac/morac_showpeople_temp.show_morac_temp),2013.11.28查詢。
7. 楊士範,「飄流的部落:近五十年的新店溪畔原住民都市家園社會史」,唐山出版社,150,台北,2008。
8. WHO, 2005 World Summit Outcome Document, World Health Organization, UnitedNation, *Webdocument*:<http://www.un.org/womenwatch/ods/A-RES-60-1-E.pdf>, accessed 2013/12/25.
9. 張益誠,「應用因子分析方法為臺灣地區建構永續發展趨勢評估指標系統」,國立臺灣大學環境工程學研究所博士論文,2000。
10. Barbier, Edward B. *Economics, Natural-Resource Scarcity and Development (Routledge Revivals): Conventional and Alternative Views*. Routledge, 2013.
11. 盧誌銘等,「全球永續發展的源起與發展」,工業技術研究院能源與資源研究所全球資訊網,網路文章:[http://sd.erl.itri.org.tw/sd/sd\\_globe/cont.htm](http://sd.erl.itri.org.tw/sd/sd_globe/cont.htm),1995。
12. Munasinghe, M., “Environmental economics and sustainable development.” *World Bank Publications*, 1993.
13. 陳永坤,「台灣環境永續發展評估指標之建立與應用研究」,國立成功大學資源工程學系博士論文,2007。
14. 許維庭,「國家層級永續營建評估指標建立之研究」,國立中央大學土木工程

程學研究所博士論文，2011。

15. 古鴻坤，建立永續公共工程評鑑準則之研究，國立中央大學土木工程學研究所博士論文，2010。
16. 張珩、林憲德，「國外綠建築技術之研究—各國綠建築評估系統探討」，內政部建研所研究計畫成果報告，2000年。
17. 內政部建築研究所，綠建築解說與評估手冊，內政部建築研究所，2013。
18. 工程會，「『生態工程』邁向永續的一種態度」，永續公共工程入口網，營院公共工程委員會，網址：<http://eem.pcc.gov.tw/node/1357>，2015/4 查詢。
19. 黃榮堯、林文雄、周南山、廖肇昌、蔡厚男，「建立永續公共工程指標系統之研究專案研究計畫」，行政院公共工程委員會委託研究計劃報告，2008。
20. Labuschagne, C., and Brent, A. C. "Sustainable Project Life Cycle Management: Aligning project management methodologies with the principles of sustainable development", 2004.
21. Lapinski, A. R., Horman, M. J., and Riley, D. R. "Lean processes for sustainable project delivery." *Journal of construction Engineering and Management*, Vol.132, No.10, 1083-1091, 2006.
22. 台灣綠建築發展協會，綠建築案例介紹，網址：<http://www.taiwangbc.org.tw/>，2015/5 查詢，2015。
23. 永續公共工程入口網，工程案例，網址：<http://eem.pcc.gov.tw/node/32911>，2015/5 查詢，2015。